EBCOT를 이용한 다 채널 영상 전송 시스템에 대한 연구

秋淵學[†] · 金榮民[††]

요 약

EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation)는 현재 개발 중인 JPEG2000의 기본압축 코덱으로 본 논문에서는 EBCOT를 이용하여 하나의 압축 코덱에서 나온 이미지를 밴드 폭이 상이한 여러 채널에 전송할 수 있는 방식에 대해 알아보고 이를 바탕으로 동영상에 적용하여 다 채널 영상 전송 시스템을 제안한다.

또한 본 논문에서 사용 되는 EBCOT가 JPEG에 쓰이는 RLC와 Huffman Coding통한 VLC보다 압축 성능이 뛰어나다는 것을 실험적 결과를 통해 알 수 있고 JPEG에 적용할 경우 구조적으로 Parallelism의 증가와 Error Resilience가 높다는 것을 알 수 있다. 다음으로 MPEG구조에 대해 알아보고 다 채널 영상 전송 시스템을 MPEG으로 구현 할 때의 Rate-Control이 힘든 문제와 원하는 Bit-Rate마다 코덱이 각각 있어야 하는 문제점을 EBCOT를 적용시켜 해결할 수 있는 방법에 대해 제시한다.

A Study of Multi-Channel Video Transfer System with EBCOT

Yun-Hag Chou[†] and Young-Min Kim[††]

ABSTRACT

A EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation) is image compression codec using in JPEG2000, currently the new standard for still image coding. this paper proposes multi-channel video transfer system with EBCOT using a single codec to transfer video to difference band-width channel.

This paper testify that compression rate of EBCOT higher than ordinary VLC using RLC and Huffman codec and apply EBCOT to JPEG structure. this structure increases parallelism and error resilience using block coding method. finally it looks into difficult to apply MPEG structure to multi channel video transfer system, and proposes solution using EBCOT.

1. 서 론

영상을 네트워크 상에서 전송할 경우 네트워크의 사정 및 각 물리적인 매체에 의해 밴드 폭이 상이한 여러 채널이 생기게 된다. 또한 RSVP와 같은 프로토콜을 이용하여 사용자가 네트워크 상의 일정한 밴드 폭을 요구하여 자신이 원하는 영상의 질을 선택하여 영상을 볼 수도 있다. 하지만 이러한 상이한 밴드 폭을 가지는 각 채널마다 가장 적당한 Bit-Rate를 구하여 영상을 압축하는 방법은 현재 MPEG이나 JPEG 구조에서는 매우 어려워진다[1].

첫 번째 이유는 MPEG이나 JPEG는 양자화 과정에서 Bit-Rate를 조절하므로 VLC단에서 실제 얼마나 압축할 것인지를 알수 없고 단지 확률적인 값에 의존하여 Bit-Rate산출이 가능하다. 두 번째 이유는 하나의 압축 코덱에서는 하나의 Bit-Rate만을 지닌다는 것이다. 이것은 양자화 과정에서 압축률을 정의하여 압축하므로 압축된 데이터는 일정한 압축률,

† 정회원, 전남대학교 전자공학과 박사 재학
†† 전남대학교 전자공학과 부교수

Bit-Rate만을 지니게 된다. 이러한 단점은 밴드 폭이 상이한 여러 채널에 적용할 경우 밴드 폭이 다른 채널마다 양자화 스텝이 다른 압축 코덱이 각각 있어야 된다는 것을 의미한다. 즉 주어진 밴드 폭에 가장 좋은 영상을 얻기 위해서는 그 밴드 폭에 맞는 코덱이 각각 있어야 된다는 것을 의미한다. 세 번째로 동영상에 적용할 경우 위와 같은 이유 즉 양자화 과정에서 Bit-Rate를 조절해야한다는 점에서 Rate-Control이 어려워진다.

MPEG이나 JPEG을 다 채널 영상 전송 시스템에 적용할 경우 위에서 나타나는 문제 모두 양자화 과정을 통해 Bit-Rate를 조절하는데 있다. 이러한 단점을 해결하는 방법으로 양자화 과정에서 압축률을 조절하지 않고 실제 압축 코덱 단에서 압축률을 조절하는 방법이 있다. 이러한 방법은 기존은 RLC와 Huffman Coding을 사용하는 대신 Bitplane coding과 Arithmetic coding의 일종일 MQ-codec을 사용하는 EBCOT (Embeded Block Coding with Optimation Truncation)를 사용하여 구현이 가능하다. 또한 이러한 EBCOT를 이용하면 코덱 단에서 영상의 Bit-Rate를 조절하므로 하나의 압축 코덱을 가지고 다양한 채널에 적용이 가능하다.

본 논문에서는 일반적인 이미지 및 영상의 압축 방법에 대해 알아보고 JPEG2000에 사용되는 EBCOT에 대해 설명한다. 그리고 실제 EBCOT가 일반적인 RLC와 Huffman codec보다 압축률이 높다는 것을 JPEG2000과 ADV601 시뮬레이션 Codec을 비교하여 증명한다. 다음으로 JPEG과 MPEG에 EBCOT를 적용하여 다 채널 영상 전송 시스템이 어떠한 방법으로 구현 가능한지를 살펴보고 마지막으로 MPEG이나 JPEG에 사용되는 DCT대신 Wavelet을 영상 주파수 변환에 사용하여 다 채널 영상 전송 시스템에 적용할 경우 어떠한 이점이 있는지 알아보겠다.

2. 일반적인 이미지 및 영상 압축 코덱

일반적인 이미지 압축 코덱의 구조는 그림 1과 같이 이미지 전처리, 공간 주파수 변환, 양자화, 이미지 스캔, 엔트로피 부호화의 단계를 걸치게 된다[2].

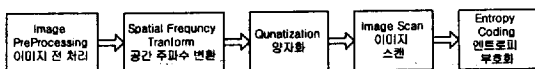



그림 1. 일반적인 이미지 압축 코덱 구조

이미지 전처리는 입력된 영상을 자신이 원하는 형태의 포맷으로 바꾸는 단계로 가장 대표적인 것으로는 RGB로 입력된 이미지를 YUV의 형태로 변환시키는 방법이 있다. 다음으로 공간 주파수 변환의 단계를 걸치게 되는데 JPEG, MPEG에서는 DCT를 사용하고 일부 무 손실 압축 코덱에서는 DPCM방법이 그리고 요즘은 Wavelet방법이 공간 주파수 변환에 각광을 받고 있다. Wavelet을 사용하는 방법이 각광받는 이유는 공간의 주파수 성분만을 가지는 DCT와는 달리 공간의 위치 성분도 함께 가지고 있기 때문에 Resolution Scalability가 가능할 뿐 만 아니라 전체 이미지에 대해 주파수 변환시키므로 블록화 잡음이 생기지 않기 때문이다[3,4]. 이러한 공간 주파수 변환을 걸친 다음 양자화 과정을 걸치게 되는데 JPEG과 MPEG은 이 단계에서 압축률을 결정하게 된다. 다음으로 엔트로피 부호화를 위해 이미지를 스캔하는데 이는 효율적인 엔트로피 부호화를 위해 양자화된 이미지를 어떠한 방법으로 읽어 들인가의 방법이다. 마지막으로 엔트로피 부호화를 통해 이미지는 압축이 된다. 대표적인 엔트로피 부호화 방법으로는 Huffman codec과 Arithmetic Codec이 있다.

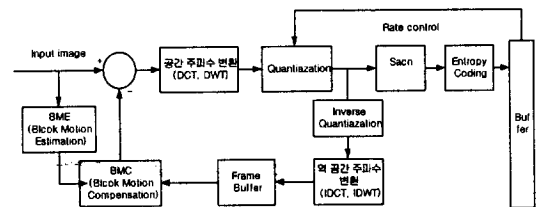



그림 2. 일반적인 영상 압축 코덱의 구조

그림 2는 일반적인 영상 압축 코덱으로 MPEGX이나 H.26X는 다음과 같은 기본적인 구조를 가진다[5]. 이 구조는 기존의 이미지 압축 코덱에 Motion Estimation을 추가하여 영상간의 불필요한 정보를 삭제하여 압축 효율을 늘리는 단계와 일정한 bit-rate추축을 위해 버퍼와 양자화 단계에 Rate Control이라는 단계가 들어간다.

위의 기본적인 영상 압축 코덱을 밴드 폭이 다른 다 채널 영상 전송 시스템에 적용할 경우 양자화 과정에서 Bit-Rate를 조절하므로 서문에서 언급했듯이 문제점이 발생하게 된다. 하지만 이러한 구조를

기본적으로 사용하면서 엔트로피 코덱단에서 Bit-Rate를 조절하면 밴드 폭이 다른 다 채널 영상 전송 시스템이 간단히 구현 가능해 진다. 즉 정확한 Bit-Rate산출이 가능해 지고 Rate-Control이 간단해 진다.

3. EBCOT (Embeded Block Coding with Optimized Truncation)

EBCOT는 Bitplane Coding과 Arithmetic Coding을 사용하는 Layered Zero Coding(LZC)방식과 블록 코딩 방식을 혼합하여 Taubman과 Zakhor가 94년에 발표하였다. 처음 발표 당시에는 하나의 Bitplane코딩은 한번의 스캔 과정을 걸치어 코딩이 되었으나 SPIHT의 방법을 도입하여 하나의 BitPlane에 대해 3번의 스캔 과정을 걸치어 코딩한다[6,7]. 하지만 이러한 LZC와 SPIHT와는 달리 EBCOT는 블록으로 나누어 코딩한다는 특징이 Wavelet에서 나온 데이터뿐만 아니라 블록 별로 DCT하여 나온 데이터에서도 코딩 가능하다는 장점이 있고 더욱이 DCT에 사용할 경우 블록별 코딩이 주파수 변환 단계부터 가능하여 parallelism이 증가하게 되고 각 코딩 블록별로 상관관계가 없기 때문에 error resilience가 높아진다.

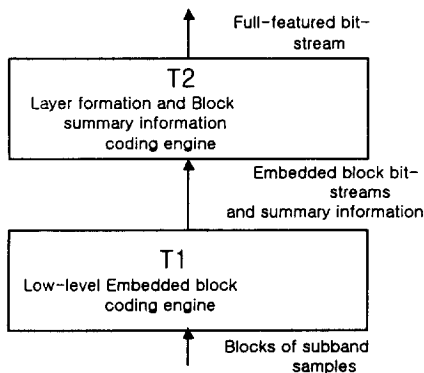



그림 3. EBCOT의 기본 구성

EBCOT의 주된 특징은 Bitplane Coding 방식을 사용하여 하위의 Bitplane를 삭제하므로써 양자화 단계와 같은 효과를 얻어 원하는 Bit-Rate조절 가능하고 블록 코딩 방식을 사용하여 parallelism과 함께 error resilience를 높일 수 있으며 MQ-Codec을 사용하여 엔트로피 코덱의 압축률을 향상 시키는데 있다. 또한 parallelism을 향상 시키기 위한 Parallel Coding Profile, MQ-Codec의 속도 향상을 위한 Lazy Coding Profile, Error Resilience를 높이기 위한 Error Resilience Coding Profile모델을 가지고 있어 자신이 원하는 적용 분야에 알맞은 Profile을 선택할 수도 있다[6].

EBCOT는 그림3과 같이 크게 두가지 단계로 나누어 코딩을 하는데 T1단계는 블록 별로 나누어 실제 압축을 하는 부분이고 T2는 압축된 데이터 중 주어진 Bit-Rate에 맞게 데이터를 삭제하여(하위의 bit-plane coding된 것) 주어진 Bit-Rate를 맞추고 SNR Salability와 Resolution Scalability에 맞게 압축된 데이터를 재배열(packing) 시키는 단계로 나눈다.

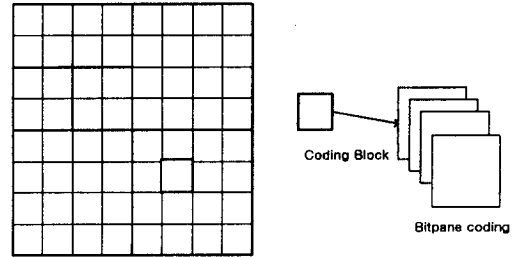



그림 4. Bitplane Coding

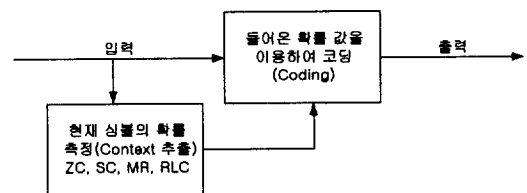
T1단계에서는 그림4와 같이 양자화를 걸친 데이터를 각 블록으로 나눈 다음 각 블록 별로 Bitplane coding한다. 이러한 Bitplane을 걸친 이미지는 그림5와 같이 Significance propagation pass, Magnitude refinement pass, Normalization pass 걸치어 각 pass의 주어진 상황에 맞추어 ZeroCoding(ZC), RunLengthCoding(RLC), SignCoding(SC), Magnitude Refinement(MR) Coding방식을 통해 MQ-Codec에 사용될 Context를 추출하고 이 Context를 통해 현재 bit-plane의 한 bit에 대한 확률값을 구한 후 이 확률 값을 이용하여 MQ-Codec에서 압축 한다[7].

그림 5. MQ-Codec의 기본 구성

JPEG200 Compress Rate 20 PSNR 48db

ADV601 Compress Rate 40 PSNR 40db

JPEG200 Compress Rate 400 PSNR 27db

ADV601 CompressRate 120 PSNR 28db

Compensation rate	PSNR	Compress time(ms)
2	*	123
10	*	111
20	48db	121
40	45db	122
80	39db	135
100	37db	116
200	32db	313
400	27db	404

JPEG2000 coded test result1
(VM7의 테스트 코드를 사용)

Compensation rate	PSNR	Compress time(ms)
2	48	87
10	48	75
20	43	75
40	40	71
60	36	69
80	33	68
100	31	68
120	28	66

ADV601 coded test result1
(Analog Device사의 simulation 코드를 사용)

이러한 T1단계를 걸친 이미지는 그림 6과 같은 비트 스트림 형태로 나타난다.

$P_i^{p_i^{max}-1,3}$	$P_i^{p_i^{max}-2,1}$	$P_i^{p_i^{max}-2,2}$	$P_i^{p_i^{max}-2,3}$	$P_i^{p_i^{max}-3,1}$	.....	$P_i^{0,2}$	$P_i^{0,3}$
MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	.....	MQ	MQ Tem

그림 6. EBCOT의 T1를 걸친 비트 스트림

그림 6에서 아래 첨자 i는 각 블록을 의미하고 위 첨자 중 앞에 있는 것은 블록에서 몇번째 비트 plane인지를 뒤에 있는 것은 plane에서 몇번째 pass인가를 나타낸다. 이러한 방식으로 코딩된 이미지는 주어진 Bit-Rate에 맞추기 위해 각 블록마다 하위의 bitplane를 제거하여 양자화 단계를 코딩의 마지막 단계로 미룰 수 있어 정확한 Bit-Rate 산출이 가능하다.

4. EBCOT와 JPEG에 사용되는 VLC와의 비교

EBCOT는 JPEG2000에 사용되는 코덱으로 JPEG 2000은 Wavelet을 걸친 데이터를 EBCOT를 통해 압축한다. 하지만 JPEG은 Wavelet을 사용하지 않고 DCT를 사용하므로 두 코덱에 대한 적절한 비교가 될 수가 없다고 본다. 하지만 Wavelet과 JPEG에

JPEG Compress Rate 40 PSNR 35db

JPEG CompressRate 80 PSNR 5db

Compensation rate	PSNR	Compress time(ms)
2	45	16
10	43	10
20	41	10
40	35	8
50	32	8
60	28	8
70	12	8
80	5	8

JPEG coded test result1(IJL 코드를 사용)

사용되는 VLC를 사용한다면 각 압축 코덱에 대한 적절한 비교가 된다고 본다. 공간 주파수 변환으로 Wavelet을 사용하고 압축 코덱으로는 JPEG과 같이 RLC와 Huffman Codec을 사용하는 Analog Device 사의 ADV601칩이 있는데 이 칩의 Simulation 프로그램을 통해 두 코덱의 압축률의 비교가 가능하다고 본다. 위는 JPEG과 ADV601 그리고 JPEG2000의 실제 테스트한 이미지와 압축률을 비교하여 놓았다.

5. JPEG에 EBCOT 적용

기존의 JPEG구조는 그림 7과 같은 구조를 가진

그림 7. Base-Line JPEG의 구조

다. 이러한 구조는 기본적인 이미지 압축 코덱에 공간 주파수 변환으로는 DCT, 엔트로피 코딩으로 Huffman Codec이 사용된다. 이러한 구조를 Base line JPEG이라고 불리는데 현재 네트워크 전송을 위한 Progressive JPEG과 압축률 향상을 위한 Arithmetic JPEG이 JPEG의 각각 다른 모델로 정의되어 있다. 이러한 JPEG구조에 간단한 양자화와 EBCOT를 이용하면 위의 기본적인 base-line JPEG에 Progressive JPEG과 Arithmetic JPEG의 특징을 동시에 가지면서 코덱 단에서 bit-rate결정하므로 정확한 bit-rate를 얻을 수 있다. 또한 그림 8과 같이 DCT 블록을 EBCOT의 블록으로 설정하면 전체적인 코딩의 paralellism을 얻을 수 있어 연산 속도를 빠르게 할 수 있을 뿐만 아니라 각 블록간에 서로 상관관계가 없으므로 error resilience를 높일 수 있다.

그림 8. EBCOT를 응용한 JPEG구성

그림 8에서 각 블록 별로 코딩된 결과를 그림 9와 같이 image buffer에 상위 Bitplane순으로 저장하면

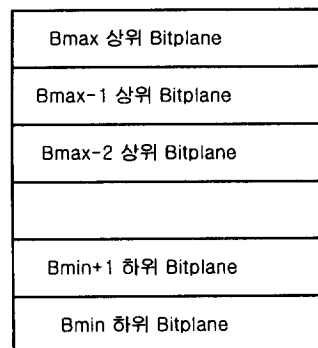



그림 9. Image Buffer

주어진 채널의 밴드 폭에 따라 알맞은 Bit-Rate를 설정하여 하위 밴드의 데이터를 전송하지 않아 자연히 양자화 과정을 전송 과정의 단계로 미루어 주어진 밴드 폭에 가장 알맞은 이미지를 얻을 수 있다. 또한 위와 같은 방법을 통해 Image Buffer에 저장하면 상위의 Bitplane의 데이터를 보내 대략적인 이미지를 형성한 다음 하위의 Bitplane 데이터를 점차적으로 전송하여 이미지를 보정 시켜 나가는 방법을 통해 SNR Progress의 형태의 비트 스트림 또한 코덱의 변화 없이 가능해 진다.

6. MPEG에 EBCOT 적용

MPEG은 그림 2와 같이 JPEG의 구조에 motion estimation을 위한 단과 일정한 Bit-Rate조절을 위한 Rate-Control이 추가 된다. 이러한 MPEG구조 역시 Rate-Control단계가 양자화 단계에 있기 때문에 정확한 bit-rate산출이 어렵고 단순히 I frame뿐만 아니라 P, B frame이 있어 더욱 힘들어 진다. 현재 이러한 rate-control하는 방법은 MPEG 표준안에 정의 되어 있지 않고 단지 VBV을 기준으로 Overflow와 Underflow가 일어나지 않으면 된다고 나온다. 이러한 VBV에 Overflow와 Underflow가 일어나지 않도록 코딩된 이미지 버퍼를 항상 체크하여 Overflow가 일어날 상황이면 양자화 스텝사이즈를 크게하여 압축되어 나오는 양의 크기를 줄이고 Underflow가 일어날 상황이 되면 양자화 스텝사이즈를 작게하여 압축되어 나오는 양의 크기를 늘린다. 하지만 이러한 방법을 통해 rate-control을 조절하면 실제 압축되어 나오는 데이터의 정확한 크기를 알 수 없으므로 정확한 bit-rate산출이 어려운 동시에 주어진 bit-rate에 맞는 좋은 질의 영상를 얻을 수 없다. 하지만 이러한 rate-control을 압축 코덱 즉 엔트로피 부호화 단계로 늦출 수 있다면 일정한 Bit-Rate추출이 가능하여 실제 압축되어 나오는 이미지의 양을 조사하여 각 bit-rate에 맞은 좋은 질의 영상을 보낼 수 있다. 이러한 구현은 EBCOT를 통해 구현 가능한데 T1코드를 통해 이미지 전체를 압축한 다음 T2단계에서는 주어진 Bit-Rate에 맞게 하위의 Bitplane에서 코딩 된 값을 보내지 않으므로 정확한 Bit-Rate산출이 가능하다. 또한 그림 8과 같은 구성으로 MPEG구조를 병렬적으로 고치었을 경우 빠른 연산이 가능해 진다.

7. EBCOT를 이용한 다 채널 영상 전송 시스템

기존의 MPEG구조를 이용하여 밴드 폭이 상이한 여러 채널에 전송하려면 그림 10과 같이 각 채널마다 같은 구조를 가지나 Bit-Rate가 다르므로 각각 다른 코덱이 필요하게 된다. 이것은 전체적인 연산량의 증가와 많은 양의 메모리를 요구하게 된다. 하지만 EBCOT를 사용하면 그림 11과 같이 하나의 코덱에서 나온 데이터를 EBCOT의 T2단만을 여러 개 두어 밴드 폭이 상이한 여러 채널에 좋은 영상을 보낼 수 있고 밴드 폭이 변화 되었을 경우 간단히 변화된 채널의 T2단만을 조절하여 변환된 밴드 폭에 적용이 가능하다. 또한 DCT, 양자화, EBCOT의 T1을 그림 8과 같이 구성한다면 전체 코덱의 Parallelism을 높일 수 있고 속도의 향상과 Error Resilience를 높일 수 있다.

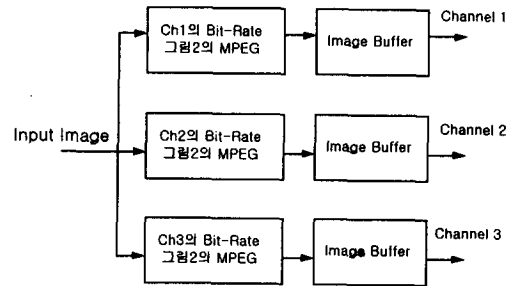



그림 10. MPEG을 이용한 다 채널 영상 시스템

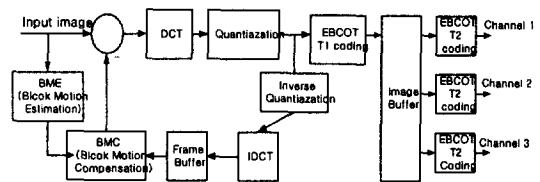



그림 11. EBCOT를 이용한 다 채널 영상 전송 시스템

영상의 질을 조절하여 주어진 밴드 폭에 맞는 데이터를 보내는 것만을 위의 시스템에서 구성하였으나 현재 인터넷에서는 영상의 질보다는 영상의 크기를 조절하여 밴드 폭이 다른 여러 채널에 적용한다. 이러한 방법은 제한된 몇 개의 채널을 선정하여 각 영상의 크기에 따라 코덱을 따로 두는 그림 10과 같은 구성을 사용하고 있다. 하지만 DCT 대신 Wavelet을 사용하면 그림 10의 구성과는 달리 하나의 압축

코덱을 이용하여 밴드 폭이 다른 여러 채널에 적용 가능하다[5-7].

8. 결 론

JPEG과 MPEG을 다 채널 영상 전송 시스템에 적용하기 위해 문제가 되는 것은 양자화 과정에서 Bit-Rate를 조절하므로 정확한 Bit-Rate 추출이 어렵고 동영상에 적용할 경우 Rate-Control이 어려운데 있다. 또한 이러한 문제는 채널 마다 그 채널의 밴드 폭에 맞는 코덱이 있어야하는 문제를 가져온다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Bit-Rate조절을 엔트로피 코딩단으로 미루면 실제 얼마나 코딩되었는지를 알 수 있으므로 Bit-Rate 산출을 정확하게 할 수 있고 Rate-Control도 단순하게 할 수 있다. 이러한 방법을 사용하는 코덱으로 JPEG2000에 사용되는 EBCOT를 들 수 있다. EBCOT는 T1단계에서 이미지를 압축한 다음 T2단계에서 압축된 이미지를 재배열 과정으로 나누어 진다. 또한 SHIFT나 LZC와 달리 전체 이미지에 대해 압축을 하는 것이 아니라 블록으로 나누어 압축을 하므로 parallelism의 증가와 함께 error resilience를 높일 수 있다. 실제 압축률도 RLC와 Huffman Coding을 사용하는 것보다 매우 높다는 4장을 통해 알 수 있다. 이러한 EBCOT의 특징을 이용하여 JPEG과 MPEG에 적용할 경우 다 채널 영상 전송 시스템의 구성이 그림 8과 그림 11과 같이 단지 하나의 코덱을 이용하여 가능해 진다는 것을 알 수 있다. 또한 각 블록간의 상관 관계가 없기 때문에 parallelism의 증가와 함께 error resilience를 높일 수 있다.

참 고 문 헌

[1] John L.Mitchell William B. Pennnebaker, Chad E. Fpgg, Didier J. LeGall, "MPEG VIDEO COMPENSATION STANDARD" Chapman & Hall 1994.

[2] Gilbert Held Thomas R. Marshall "Data and Image Compensation in Fourth Edition", JOHN WILEY & SONS LTD]

[3] Amara Graps "An Introduction to Wavelets", IEEE Computational Science and Engineering, Summer 1995, Vol, 2 No,2

[4] David Starr and Kevin Leary "The Advantage of Wavelet Technique in Video Capture and Compensation", Analog Device Inc

[5] 후지라오 히로시 "최신 MPEG", 교보 문고

[6] David Taunman "High Performance Scalable Image Compression with EBCOT"

[7] ISO/IEC JTC1/SG29 WG1, JPEG2000 Part I Final Committee Drift Version 1.0, 2000, 6.

추 연 학

1999년 전남대학교 전자 공학과 학사
2001년 전남대학교 전자 공학과 석사
2001년 3월~현재 전남대학교 전자 공학과 박사 재학 (주)하이칩스 전문 연구원
1999년~현재 Wavelet을 이용한 이미지 압축 방법 및 MPEG을 동영상 압축 방법에 대한 과제 수행 및 프로그래머로 일함

김 영 민

1978년 3월~79년 7월 KIST 주임 연구원
1979년 8월~82년 7월 국방과학연구소(ADD) 연구원
1987년 1월~88년 5월 미국 North Carolina AT&T State Univ Assistant Professor
1988년 6월~91년 8월 한국전자통신연구원(ETRI) 실장
1991년 9월~현재 전남대학교 전자공학과 부교수
1997년 10월~현재 IDEC(반도체설계교육센터)지역 센터 센터장
1999년~현재 (주)하이칩스 사장